

SLANTLET TRANSFORM (SLT) UNTUK WATERMARKING GAMBAR DIGITAL**Daurat Sinaga^{1*}, Noor Ageng Setyanto², De Rosal Ignatius Moses Setiadi³**^{1,2,3} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro

Jl. Imam Bonjol 207 Semarang 50131

*Email: dauratsinaga@dsn.dinus.ac.id

Abstrak

Teknik watermarking merupakan salah satu teknik untuk pelabelan data atau copyright protection. Melalui komputasi algoritma tertentu, watermarking dapat dilakukan pada mode yang tidak terdeteksi oleh mata manusia. Proses semacam ini disebut invisible watermarking. Algoritma sederhana dalam watermarking salah satunya yaitu Discrete Wavelet Transform (DWT). Populer dan memenuhi aspek ketidaktampakan oleh mata manusia menjadi keunggulan DWT. Seiring berkembangnya penelitian mengenai watermarking, muncul algoritma yang merupakan improvisasi dari DWT, disebut dengan Slantlet Transform (SLT). Karakteristik operasi SLT mirip dengan DWT namun SLT lebih tahan serangan dan lebih cepat dibanding DWT. Di sisi lain masih belum banyak penelitian mengenai SLT. Berdasarkan literatur tersebut, dalam makalah ini kami akan mengevaluasi dan memberikan gambaran mengenai performa SLT pada gambar digital khususnya dalam format grayscale. Evaluasi telah kami lakukan dengan menghitung nilai Mean Square Error (MSE) dan Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) yang dipilih karena jenis perhitungan ini sudah sering digunakan peneliti lain sehingga dapat dilakukan komparasi hasil. Dari olah data yang dilakukan, PSNR tertinggi mencapai 46.2084 dB.

Kata kunci: *Discrete Wavelet Transform, Slantlet Transform, Watermarking*

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, masalah keamanan data menjadi isu yang sangat penting dalam sejumlah aplikasi, dimana pengiriman data melalui sejumlah media memerlukan keamanan. Hal ini dikarenakan adanya penyalahgunaan dan manipulasi data oleh pihak-pihak yang tidak berkepentingan. Beberapa kasus seperti pencurian dan manipulasi gambar penyakit pasien dapat berakibat fatal bagi pasien maupun tenaga medis yang ditunjuk. Gambar penyakit, misal *MRI*, *CT Scan* atau *endoscopic* merupakan data rahasia yang tidak boleh diketahui oleh pihak lain yang tidak berkepentingan (Kumar and Muttou, 2011). Dengan demikian diperlukan penyelesaian untuk mengamankan data tanpa diketahui oleh orang lain bahwa data tersebut telah diamankan. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengamankan data gambar yaitu *watermarking* (Kundu, Chatterjee and Panchariya, 2011).

Watermarking merupakan teknik yang dapat digunakan untuk *copyright protection*, *traitor tracing*, dan *otentikasi* data melalui proses *embedding* dan *extraxting* data (Cox et al., 2008). Terdapat beberapa jenis *watermaking* yang berkembang yaitu *visible watermarking* (terlihat) dan *invisible watermarking* (tidak terlihat). Apapun jenis data dan aplikasi yang digunakan, isu terpenting dari *watermarking* yaitu *robustness* dan *imperceptibility*. *Robustness* dapat diartikan sebagai ketahanan terhadap serangan, sedangkan *imperceptibility* dapat diartikan sebagai ketidaktampakan oleh mata manusia. Hasil proses *watermarking* dikatakan baik apabila mempunyai nilai *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) minimal 30 dB (Al-Haj and Abu-Errub, 2008) dan tahan terhadap serangan *image processing* dan memenuhi aspek *robustness* maupun *imperceptibility*. Ragam penyisipan pesan dalam *watermarking* dapat dilakukan melalui transform domain, yaitu spasial domain dan frekuensi domain. Transform domain dinilai lebih handal dan tahan terhadap serangan dibandingkan dengan spasial domain (Sun, Shao and Wang, 2008). Salah satu algoritma yang termasuk dalam frekuensi domain

yaitu *Discrete Cosine Transform* (DCT), *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan *Slantlet Transform* (SLT), dimana setiap algoritma mempunyai karakter operasi masing-masing.

Dalam perkembangannya, DWT dinilai mempunyai performa lebih baik dibanding DCT (Winarno *et al.*, 2017). Namun, SLT yang merupakan pengembangan dari DWT dan DCT dinilai lebih handal dalam kerapian proses, kecepatan, waktu tempuh yang lebih cepat dan ketahanan terhadap serangan (Selesnick, 1999). SLT memiliki kemampuan untuk digunakan dalam aplikasi lain, seperti dalam mengamankan gambar medis (Umaroh *et al.*, 2016). SLT dapat digunakan dalam ranah ekstraksi fitur dan metode klasifikasi menggunakan dua-tahap SLT berdasarkan intensitas histogram. Kinerja yang diperoleh menunjukkan klasifikasi sangat baik yang menggabungkan dengan *Support Vector Machine* (SVM) sebagai pengklasifikasi (Chatterjee, Maitra and Goswami, 2009). Sementara itu, (Al-helali *et al.*, 2009) menggunakan SLT untuk multispektral gambar fusi. Pada penelitian lain, SLT juga telah diterapkan dengan *Ridgelet Transform*, sebagai hasilnya membuktikan bahwa metode *hybrid* mencapai cara yang baik untuk meningkatkan tepi gambar dan mengurangi *noise* serta telah mencapai hasil yang optimal. Di sisi lain, (Kumar and Muttou, 2009) membuktikan bahwa SLT data *distortionless* menggunakan *T-Codes* menghasilkan nilai yang dapat diterima untuk tingkat *embedding* tinggi juga dan juga mengamati bahwa SLT memberikan hasil yang lebih baik bahkan ketika kapasitas *embedding* semakin tinggi.

Dalam riset-riset yang telah dilakukan di atas, dapat diketahui bahwa SLT merupakan algoritma terbaik dibandingkan dengan DCT dan DWT. Maka dalam penelitian ini, algoritma SLT dipilih sebagai algoritma yang akan digunakan untuk mengamankan data gambar dengan model *invisible watermarking* (tidak tampak oleh mata). Gambar yang digunakan untuk percobaan pada penelitian ini merupakan gambar natural yang diambil dari *SIPi databases*. Adapun evaluasi yang digunakan dalam makalah ini kami fokuskan untuk menguji aspek imperceptibility yang dihitung dengan MSE dan PSNR.

2. METODE

2.1. Watermarking Gambar

Digital watermarking dilakukan dengan memanfaatkan pemrosesan signal digital, dan dapat dilakukan pada domain waktu/spasial atau domain transform. Pada watermarking untuk gambar yang dilakukan pada domain spasial, penyisipan dilakukan dengan sedikit mengubah nilai pixel-pixel tertentu. Sedangkan jika menggunakan domain *transform*, maka gambar tersebut diubah dahulu ke dalam domain transform (biasanya dengan DFT, DCT atau DWT) kemudian penyisipan data dilakukan dengan sedikit mengubah nilai koefisien tertentu yang dipilih (Sun, Shao and Wang, 2008).

Terdapat 3 hal penting dalam watermarking yaitu:

- 1) Media yang disisipkan oleh suatu informasi itu seandainya tidak jauh berubah, percuma saja kalau media jadi rusak karena penyisipan suatu informasi.
- 2) Informasi yang disisipkan di dalamnya juga harus tahan terhadap serangan-serangan yang terjadi, misal dalam sebuah gambar harus tahan terhadap pencerahan, rotasi, blurring, dan lain sebagainya.
- 3) Pengungkapan informasi harus bisa dilakukan

2.2. Slantlet Transform (SLT)

Slantlet Transform (SLT) merupakan pengembangan dari DWT dan dikembangkan oleh Selesnick pada tahun 1999 (Rachmawanto and Sari, 2013). Dimana SLT terdiri dari *filterbank* yang *linear*, dapat dirumuskan sebagai berikut (Selesnick, 1999):

$$g_i(n) = \begin{cases} a_{0,0} + a_{0,1} n, & \text{for } n = 0, \dots, 2^i - 1 \\ a_{0,0} + a_{0,1} n, & \text{for } n = 2^i, \dots, 2^{i+1} - 1 \end{cases} \quad (1)$$

$$h_i(n) = \begin{cases} b_{0,0} + b_{0,1} n, & \text{for } n = 0, \dots, 2^i - 1 \\ b_{0,0} + b_{0,1} n, & \text{for } n = 2^i, \dots, 2^{i+1} - 1 \end{cases} \quad (2)$$

$$f_i(n) = \begin{cases} c_{0,0} + c_{0,1} n, & \text{for } n = 0, \dots, 2^i - 1 \\ c_{0,0} + c_{0,1} n, & \text{for } n = 2^i, \dots, 2^{i+1} - 1 \end{cases} \quad (3)$$

Dengan kalkulasi sebagai berikut (Selesnick, 1999):

$$G_1(z) = \left(-\frac{\sqrt{10}}{20} - \frac{\sqrt{2}}{4}\right) + \left(\frac{3\sqrt{10}}{20} + \frac{\sqrt{2}}{4}\right) z^{-1} + \left(-\frac{\sqrt{10}}{20} + \frac{\sqrt{2}}{4}\right) z^{-2} + \left(\frac{\sqrt{10}}{20} - \frac{\sqrt{2}}{4}\right) z^{-3} \quad (4)$$

$$F_2(z) = \left(\frac{7\sqrt{5}}{80} - \frac{3\sqrt{55}}{80}\right) + \left(-\frac{\sqrt{5}}{80} - \frac{\sqrt{55}}{80}\right) z^{-1} + \left(-\frac{9\sqrt{5}}{80} + \frac{\sqrt{55}}{80}\right) z^{-2} + \left(-\frac{17\sqrt{5}}{80} + \frac{3\sqrt{55}}{80}\right) z^{-3}$$

$$\left(\frac{17\sqrt{5}}{80} + \frac{3\sqrt{55}}{80}\right) z^{-4} + \left(\frac{9\sqrt{5}}{80} + \frac{\sqrt{55}}{80}\right) z^{-5} + \left(\frac{\sqrt{5}}{80} - \frac{\sqrt{55}}{80}\right) z^{-6} + \left(-\frac{7\sqrt{5}}{80} - \frac{3\sqrt{55}}{80}\right) z^{-7} \quad (5)$$

$$F_2(z) = \left(\frac{1}{16} + \frac{\sqrt{11}}{16}\right) + \left(\frac{3}{16} + \frac{\sqrt{11}}{16}\right) z^{-1} + \left(\frac{5}{16} + \frac{\sqrt{11}}{16}\right) z^{-2} + \left(\frac{7}{16} + \frac{\sqrt{11}}{16}\right) z^{-3} + \left(\frac{7}{16} - \frac{\sqrt{11}}{16}\right) z^{-4} +$$

$$\left(\frac{5}{16} - \frac{\sqrt{11}}{16}\right) z^{-5} + \left(\frac{3}{16} - \frac{\sqrt{11}}{16}\right) z^{-6} + \left(\frac{1}{16} - \frac{\sqrt{11}}{16}\right) z^{-7} \quad (6)$$

Algoritma SLT memiliki waktu tempuh lebih singkat dibanding DWT dan DCT, hal ini dikarenakan panjang setiap filter pada SLT lebih pendek (Kumar and Muttoo, 2009). SLT berbasis *piecewise linear* dan *orthogonal* seperti DWT (Faizal *et al.*, 2012). SLT mempunyai kapasitas penyisipan data dan imperceptibility yang baik (Kumar and Muttoo, 2011) dan mempunyai kompresi sinyal lebih baik dibanding DWT.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun ruang lingkup dan batasan masalah yang digunakan dalam makalah ini antara lain sebagai berikut:

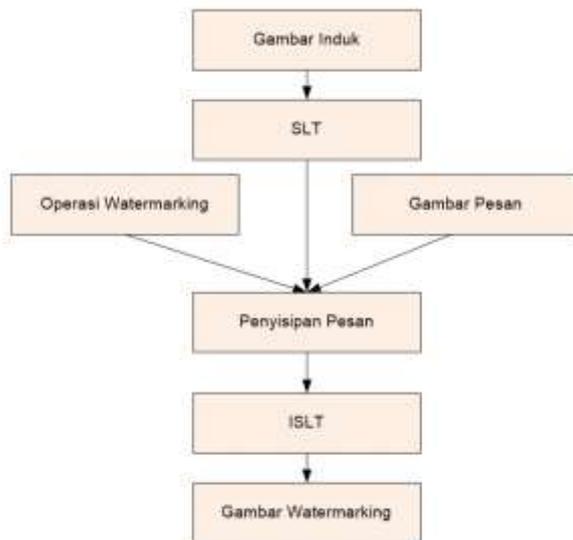
- a) Data yang digunakan untuk percobaan merupakan gambar *grayscale* yang terdiri dari 6 buah gambar natural. Semua gambar penampung berukuran 512x512 piksel, sedangkan gambar pesan yang digunakan berukuran 32x32 piksel.
- b) Semua percobaan yang dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Matlab*.
- c) Hasil percobaan berupa nilai *Mean Square Error* (MSE) dan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) serta nilai *Cross Correlation* (CC).

Skema percobaan yang telah kami lakukan sesuai pada Gambar 1.

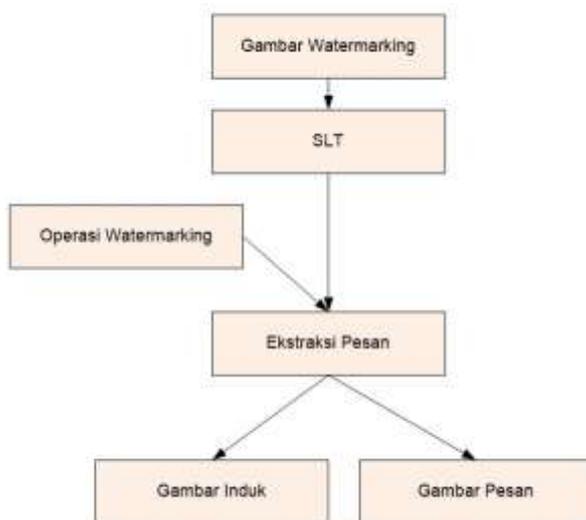


Gambar 1. Skema eksperimen SLT untuk gambar digital

Sedangkan skema proses *embedding* dan *extracting* diilustrasikan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Prosedur *embedding* pesan



Gambar 3. Prosedur *extracting* pesan



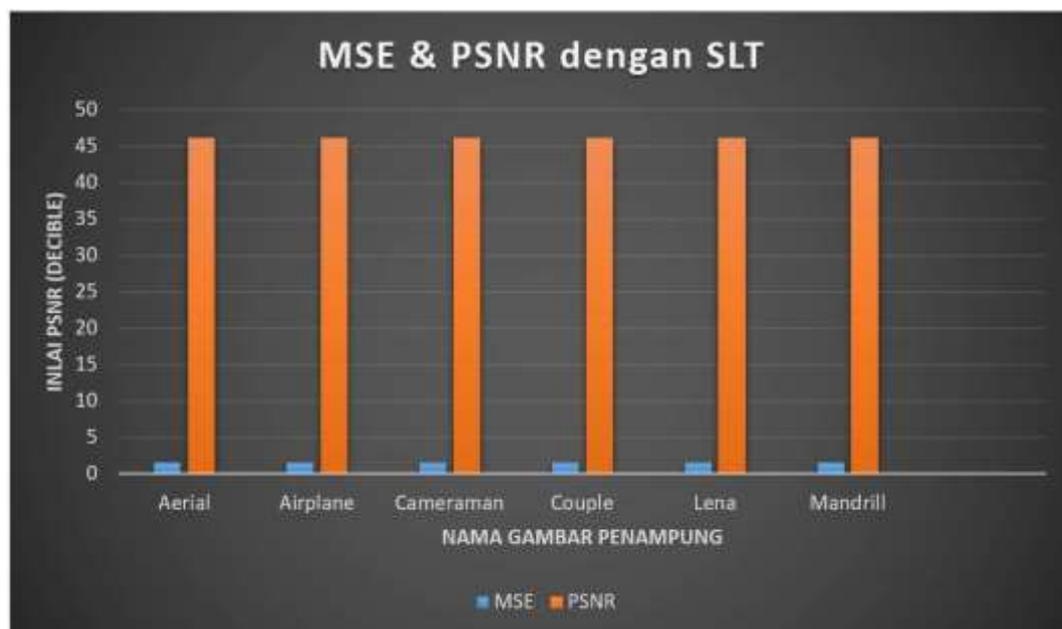
Gambar 4. Gambar Pesan (32x32 piksel)

Nama Gambar Asli	Gambar Penampung Asli	Gambar Penampung Setelah Disisipi Pesan
Aerial		
Airplane		
Cameraman		
Couple		
Lena		
Mandrill		

Gambar 5. Visualisasi Hasil Embedding

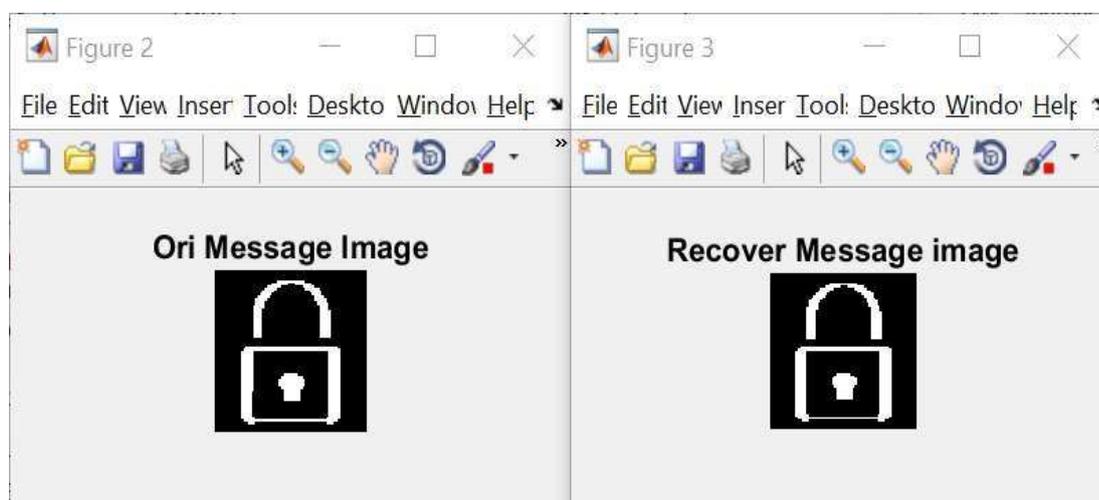
Berdasarkan Gambar 5, gambar penampung asli dan gambar penampung setelah disisipi pesan tidak berubah sama sekali apabila dilihat menggunakan manusia. Untuk meyakinkan bahwa gambar hasil terkategori impercept (tidak terlihat adanya perubahan), maka dalam makalah ini kami menggunakan model perhitungan matematis yang dapat mengilustrasikan performa Slantlet Transform dengan batasan nilai tertentu. Diketahui bahwa standard PSNR dengan kualitas yang memenuhi impercept adalah diatas 40 dB (Al-Haj, 2007). Nilai PSNR dari ke 6 gambar yang digunakan telah diilustrasikan pada Gambar 6. Nilai MSE merupakan inputan bagi nilai PSNR yang akan dihitung seperti pada pseudocode berikut.

```
R1=uint8(watermarked_image)-uint8(cover_object);
MSE=sum(sum(sum(R1.^2)))/(m*n*o);
PSNR=10*log10(255^2/MSE);
```



Gambar 6. Nilai MSE dan PSNR gambar penampung setelah disisipi pesan

Selain gambar penampung, hasil lain yang dievaluasi adalah proses ekstraksi pesan. Proses ini merupakan pemisahan gambar pesan dari gambar penampung yang semula telah tertempel menjadi satu. Dalam hal ini, kami menggunakan perhitungan korelasi ($corr2$) menggunakan fungsi pada matlab. Hasil seluruh nilai korelasi yaitu 1. Nilai korelasi berkisar antara 0 sampai 1 (Susanto *et al.*, 2017), nilai 1 berarti gambar pesan dapat dipisahkan dengan baik dan kembali dalam keadaan semula tanpa adanya perubahan piksel sedikitpun seperti tampak pada Gambar 7.



Gambar 7. Ilustrasi kesamaan gambar pesan asli dan hasil ekstraksi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan pada teknik *watermarking* dengan algoritma *Slantlet Transform* (SLT), terdapat beberapa temuan yaitu:

- 1) Proses *embedding* dan *extracting* pada SLT benar-benar berjalan dengan baik.
- 2) Hasil *embedding* telah memenuhi aspek *impercept*, dimana nilai *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) yang dihasilkan melebihi *standard* yang ditetapkan. Nilai PSNR yang didapat dalam percobaan ini berkisar antara 46 dan 47 dB.
- 3) Nilai *Mean Square Error* (MSE) yang tinggi tentu mempengaruhi nilai PSNR yang dihasilkan pada setiap gambar, karena untuk menghitung PSNR dibutuhkan MSE.
- 4) Hasil ekstraksi gambar pesan telah dianalisa menggunakan fungsi korelasi gambar (*Cross Correlation*), dan menghasilkan nilai sempurna yaitu 1.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Haj, A. (2007) 'Combined DWT-DCT Digital Image Watermarking', *Journal of Computer Science*, 3(9), pp. 740–746. doi: 10.3844/jcssp.2007.740.746.
- Al-Haj, A. and Abu-Errub, A. (2008) 'Performance Optimization of Discrete Wavelets Transform Based Image Watermarking Using Genetic Algorithms', *Journal of Computer Science*, 4(10), pp. 1–7.
- Al-helali, A. H. M. *et al.* (2009) 'Slantlet Transform for Multispectral Image Fusion', *Journal of Computer Science*, 5(4), pp. 263–269.
- Chatterjee, A., Maitra, M. and Goswami, S. K. (2009) 'Classification of overcurrent and inrush current for power system reliability using Slantlet transform and artificial neural network', *Expert Systems with Applications*. Elsevier Ltd, 36(2), pp. 2391–2399. Doi: 10.1016/j.eswa.2007.12.024.
- Cox, I. J. *et al.* (2008) *Digital Watermarking and Steganography*. Second Edi, *cise.ufl.edu*. Second Edi. Burlington, MA 01803, USA: Morgan Kaufmann Publishers.
- Faizal, M. A. *et al.* (2012) 'Impact Analysis for Securing Image Data using Hybrid SLT and DCT', *International Journal of Future Computer and Communication* 2012, 1(3), p. 2012. doi: 10.7763/IJFCC.2012.
- Kumar, S. and Muttoo, S. K. (2009) 'Distortionless Data Hiding Based on Slantlet Transform', in *2009 International Conference on Multimedia Information Networking and Security*. Ieee, pp. 48–52. doi: 10.1109/MINES.2009.263.
- Kumar, S. and Muttoo, S. K. (2011) 'Steganography based on Contourlet Transform', *International Journal of Computer Science*, 9(6), pp. 215–220.
- Kundu, P. K., Chatterjee, A. and Panchariya, P. C. (2011) 'Electronic Tongue System for Water Sample Authentication: A Slantlet-Transform-Based Approach', *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 60(6), pp. 1959–1966. doi: 10.1109/TIM.2011.2115410.
- Rachmawanto, E. H. and Sari, C. A. (2013) 'Steganografi Pengamanan Data Gambar Penyakit dengan Hybrid SLT-DCT', in *SEMANTIK 2013*, pp. 96–101.
- Selesnick, I. W. (1999) 'The slantlet transform', *IEEE Transactions on Signal Processing*, 47(5), pp. 1304–1313. doi: 10.1109/78.757218.
- Sun, T., Shao, X. and Wang, X. (2008) 'A Novel Binary Image Digital Watermarking Algorithm Based on DWT and Chaotic Encryption', in *2008 The 9th International Conference for Young Computer Scientists*. Ieee, pp. 2797–2802. doi: 10.1109/ICYCS.2008.199.
- Susanto, A. *et al.* (2017) 'Hybrid method using HWT-DCT for image watermarking', in *2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management, CITSM 2017*. doi: 10.1109/CITSM.2017.8089252.
- Umaroh, L. *et al.* (2016) 'A robust image watermarking using hybrid DCT and SLT', in *2016 International Seminar on Application for Technology of Information and*

Communication (ISemantic). IEEE, pp. 312–316. doi:
10.1109/ISEMANTIC.2016.7873857.

Winarno, A. *et al.* (2017) 'Image Watermarking using Low Wavelet Subband based on 8x8 Sub-block DCT', in *International Seminar on Application for Technology of Information and Communication*, pp. 11–15.